

Elaboração de análise crítica e definição de plano preventivo de um equipamento

João Rodrigo Martins Pilão

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Armando Leitão



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2017-01-23

À Família, Por Tudo.

Resumo

Neste trabalho elabora-se uma análise de criticidade de equipamentos de uma unidade de enchimento de garrafas de vidro da Unicer Bebidas, S.A, de forma a ser-se capaz de direcionar melhor os recursos disponíveis pela empresa e as tomadas de decisão relativas à gestão da manutenção. Define-se assim um plano preventivo de manutenção do equipamento crítico daí resultante e adequado ao contexto real da empresa (disponibilidade de técnicos, sazonalidade e registos ou dados disponíveis).

O modelo de criticidade elaborado assenta em cinco pilares, sendo eles ambiente, qualidade, segurança, eficiência e custos. Isso obriga a que se conheçam as obrigações legais relevantes em cada um, bem como as análises de impacto e/ou risco efetuadas por outras áreas da empresa. O objetivo é ser capaz de, perante o modelo realizado, identificar prioridades críticas ao nível das máquinas de enchimento. Depois, parte-se para uma análise detalhada do equipamento mais crítico, recorrendo aos manuais da máquina, aos registos obtidos pelo software utilizado pela empresa (SAP) e/ou à recolha de informação junto dos técnicos de operação e de manutenção, de forma a realizar um plano preventivo de manutenção adequado, com o objetivo de aumentar a disponibilidade da máquina e com um mínimo de custos.

Elaboration of critical analysis and preventive plan of an equipment

Abstract

In this work, a criticality analysis of equipment of a glass bottle filling unit of Unicer Bebidas, S.A. is elaborated, so as to be able to better target the resources available to the company and decision-making regarding the maintenance management. A preventive maintenance plan for critical equipment is therefore defined and adapted to the real context of the company (availability of technicians, seasonality and records or data available).

The criticality model elaborated is based on five pillars, being environment, quality, safety, efficiency and costs. This makes it necessary to know the relevant legal obligations in each one, as well as the impact and risk analyzes carried out by other areas of the company. The objective is to be able to identify critical priorities regarding the machines of the glass bottle filling unit. Then, a detailed analysis of the most critical equipment is made, using the machine manuals, the entries obtained by the software used by the company (SAP) and the collection of information from the operation and maintenance technicians, in order to perform an adequate preventive maintenance plan, with the aim of increasing the availability of the machine and with a minimum of costs.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a todos os colaboradores da Unicer, na qual, ao longo de todo o projeto, senti um enorme acolhimento, carinho e disponibilidade para com o trabalho desenvolvido. Em especial, ao Engenheiro Alcides Gonçalves e ao Pedro Pereira, pelo conhecimento e experiência que comigo compartilharam.

Ao Professor Armando Leitão, pela sua disponibilidade e pelos conselhos para a redação deste relatório.

Por último, e nunca menos importante, à minha família e amigos, por estarem sempre lá.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Apresentação da empresa	1
1.2	Projeto de manutenção preventiva na Unicer	1
1.3	Objetivos do projeto	2
1.4	Tarefas executadas no projeto	2
1.5	Estrutura da dissertação	3
2	Estado da arte na gestão da manutenção	4
2.1	Tipos de manutenção	4
2.2	Rendimento operacional global	5
2.3	Custos de manutenção	5
2.4	Análise de criticidade	7
2.5	Curva ABC (Análise de Pareto 80/20)	7
2.6	Técnica de análise de causas – diagrama Ishikawa	8
3	Descrição do problema e do método	9
3.1	Estrutura SAP dos equipamentos	9
3.2	Familiarização com o software SAP e processo de ocorrência de avaria	10
3.3	Descrição do método utilizado	11
3.4	Familiarização com o modelo de criticidade	12
3.4.1	Obrigações legais e certificações	14
3.4.2	Análises de risco de outras áreas da Unicer	14
3.4.3	Histórico	14
3.5	Desenvolvimento do modelo	15
3.5.1	Segurança	15
3.5.2	Ambiente	16
3.5.3	Qualidade	17
3.5.4	Eficiência	17
3.5.5	Custos	18
4	Aplicação do método e realização do plano preventivo	19
4.1	Máquina crítica	19
4.1.1	Estrutura da máquina	19
4.2	Análise ABC (Pareto) de custos por subequipamento	21
4.3	Tipificação de avarias por subequipamento	22
4.4	Subequipamentos críticos	23
4.4.1	Operação 1 - Válvulas de enchimento	23
4.4.2	Subequipamento 1 – Transporte de garrafas	26
4.5	Plano preventivo de manutenção da máquina crítica	29
5	Conclusões e perspectivas de trabalho futuro	30
	Referências	31
	ANEXO A: Matrizes do modelo de criticidade	32
	ANEXO B: Plano preventivo de manutenção	34

1 Introdução

O presente relatório surge no âmbito da Dissertação em Ambiente Empresarial, do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica (MIEM), opção Gestão da Produção, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. O projeto decorreu na Unicer Bebidas, S.A. (centro de Leça do Balio), no 1º semestre do ano letivo 2016/2017, e aborda a gestão da manutenção na indústria de cerveja, debruçando-se sobre a análise de criticidade de máquinas e elaboração de planos preventivos de manutenção.

1.1 Apresentação da empresa

A Unicer Bebidas, S.A. é a maior empresa portuguesa do setor de bebidas, e uma das maiores fornecedoras a nível europeu, tendo como principais produtos a cerveja e águas.

Atualmente, a empresa portuguesa é constituída pelo grupo português, VIACER, que detém 56% do capital da empresa (BPI- 25%, Arsopi – 28,5% e Violas – 46,5%) e pelo grupo Carlsberg, detentor de 44% do capital.

A empresa portuguesa tem como objetivo ser líder na área de bebidas, nomeadamente cervejas e águas, fazendo da sua visão e missão os seguintes pressupostos:

- Garantir a remuneração de todos os acionistas;
- Ser o parceiro preferido dos clientes;
- Conquistar a preferência dos consumidores para as suas marcas;
- Obter o reconhecimento e valorização adequados por parte da comunidade;
- Onde quer que esteja, fazer da Unicer e respetivas marcas, a primeira escolha;

A Unicer Bebidas S.A. em números:

- 450 milhões de litros de cerveja produzidos;
- Vendas totalizaram os 454 milhões de euros em 2015;
- 100 milhões de euros investidos desde 2012;
- 1297 colaboradores;
- Área do complexo industrial;
- Resultado líquido de 26 milhões de euros em 2015;

1.2 Projeto de manutenção preventiva na Unicer

O departamento de manutenção da Unicer encontra-se posicionado no organograma da empresa conforme descrito pela Figura 1, sendo que o trabalho realizado para esta dissertação se insere na área da manutenção preventiva, que procura garantir o bom funcionamento da

produção, adegas e enchimento da empresa. Os objetivos principais são responder de forma rápida ou evitar as avarias dos equipamentos, que põem em causa a produtividade e eficiência do processo fabril, otimizando os custos, e mantendo as normas de segurança e ambiente associadas.

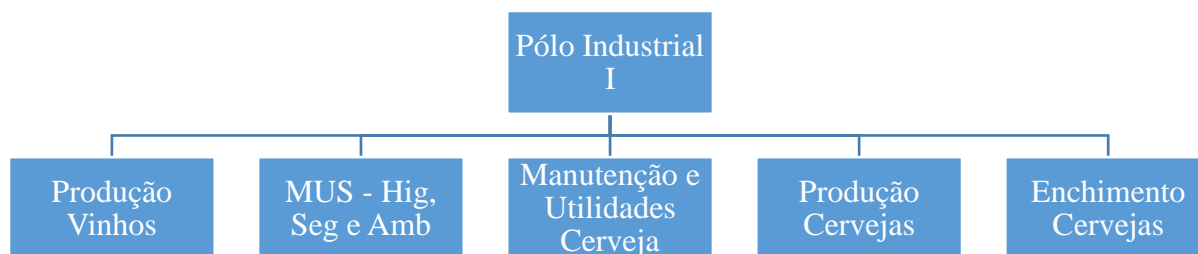


Figura 1 – Organograma do Pólo I da Unicer.

Sendo a manutenção preventiva uma área que, por definição, tenta prevenir a existência de falhas, ela baseia-se em dados históricos rigorosos e fidedignos acerca de ciclos de trabalho e outras informações relevantes, que nos permitam tirar conclusões acerca do comportamento de um determinado equipamento. Quando assim não acontece, torna-se necessário ser mais pragmático e objetivo na análise a efetuar, acabando por alicerçar o plano preventivo em dados mais empíricos, como a experiência dos técnicos de operação, factos ou acontecimentos relevantes do passado, fotografias do estado do componente, consulta de manuais dos fabricantes ou medições efetuadas ao desgaste, para assim se conseguirem os resultados pretendidos.

Em qualquer departamento de manutenção preventiva existe, como é natural, um limite de pessoas disponíveis para executar as tarefas de manutenção, limitações de orçamento, de materiais, transportes, entre outros recursos, que impedem a implementação da manutenção preventiva de uma forma global a toda a fábrica. No caso particular da Unicer, os planos preventivos existentes não são cumpridos de uma forma sustentada e estão algo desajustados à disponibilidade dos técnicos de manutenção e às possibilidades financeiras da empresa em termos de aquisição e periodicidade de substituição de materiais. Isto leva a que se deva classificar devidamente os equipamentos em termos de prioridade/criticidade, para definição de um plano preventivo de manutenção eficiente e eficaz, realizando uma análise crítica dos procedimentos e parâmetros de manutenção a adotar. Daí surge a necessidade de realizar o projeto descrito neste relatório.

1.3 Objetivos do projeto

O objetivo do projeto é identificar equipamentos críticos de uma linha de enchimento de garrafas de vidro em termos de segurança, ambiente, qualidade, eficiência e custos, para depois realizar um plano preventivo de manutenção para o equipamento com maior índice de criticidade, levando a uma melhoria da fiabilidade e conservação deste e otimização de recursos monetários e humanos disponíveis.

1.4 Tarefas executadas no projeto

A primeira parte do trabalho consiste na familiarização com o software utilizado na empresa (SAP) que é usado para efeitos de registos de avarias ou mapeamento de custos, e com o modelo de criticidade a realizar, obrigando por isso a uma integração em várias áreas da

empresa, bem como um estudo prévio dessas mesmas áreas (segurança, ambiente, qualidade, eficiência e custos), para assim se ser capaz de realizar a análise de criticidade das máquinas na linha de enchimento pretendida. De seguida, aplicando o modelo realizado aos equipamentos, parte-se para uma análise aprofundada do equipamento mais crítico, dividindo o mesmo em vários subequipamentos críticos, que resultam de uma sequência de análises ABC tanto a nível de custos como de eficiência.

Sabendo então onde se devem concentrar as atenções para a realização do plano preventivo do equipamento em causa, faz-se um acompanhamento do funcionamento e do estado dos vários subequipamentos no terreno, com a colaboração dos técnicos de manutenção, consultando os manuais dos fabricantes e, nalguns casos, recorrendo a técnicas de análises de causas, a fim de conseguir obter melhores resultados a nível de custos (alterando a periodicidade de substituição de peças ou atuando sobre as causas) e de disponibilidade da máquina crítica, recorrendo aos menores recursos possíveis.

1.5 Estrutura da dissertação

No capítulo 2 é apresentado o estado da arte na gestão da manutenção, onde se procura sobretudo contextualizar a pesquisa efetuada na área com o trabalho realizado na Unicer. Esse enquadramento teórico é essencial para o desenvolvimento do modelo realizado e para a compreensão de outros conceitos apresentados ao longo do relatório. Não se pretende descrever todos os métodos ou conteúdos existentes na literatura acerca deste tema, mas sim apresentar o que se tornou mais relevante para a execução do projeto.

No capítulo 3 aborda-se o problema existente que se tenta solucionar, referindo a falta de políticas preventivas na Unicer, e apresenta-se em detalhe o modelo de criticidade de equipamentos bem como o método adotado para a realização de um plano preventivo de manutenção.

No capítulo 4 descreve-se o equipamento crítico resultante do modelo de criticidade apresentado no capítulo 3 e é explicada a aplicação de conceitos e o trabalho realizado na Unicer para a definição do plano preventivo de manutenção, bem como a solução final obtida.

No capítulo 5 referem-se as conclusões retiradas após a realização desta dissertação, bem como as principais vantagens e dificuldades sentidas dos métodos que aqui são descritos. Por último, assinalam-se alguns trabalhos futuros que seriam importantes realizar para maior sustentação deste tipo de trabalho na empresa.

2 Estado da arte na gestão da manutenção

2.1 Tipos de manutenção

A manutenção assume uma importância fulcral na indústria em geral, especialmente no setor produtivo. Ela auxilia a produção na medida em que tenta garantir a conservação dos equipamentos, de forma a manter a capacidade da instalação em causa. Atividades que se inserem nas efetuadas pelos técnicos de manutenção são as limpezas, lubrificações e substituições ou reparações de materiais, que podem ser realizadas em revisões gerais, ou em tarefas de menor duração, como operações preventivas ou avarias.

Existem diferentes tipos de manutenção dos equipamentos, como presente na Figura 2. A manutenção planeada pressupõe uma proatividade na resolução das avarias a priori e na otimização da disponibilidade das máquinas, enquanto a não planeada atua apenas aquando da ocorrência de avarias ou falhas no processo. (Faria et al. 2013).

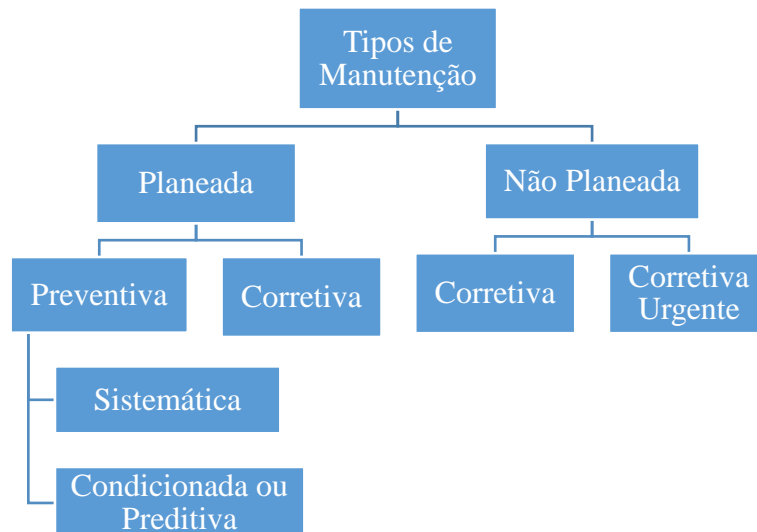


Figura 2 – Tipos de Manutenção

A manutenção corretiva pode ser planeada ou não planeada, dependendo se existe uma preparação prévia da gestão para a correção da avaria em termos de número de peças de reserva e de procedimentos a utilizar, ou se as ações a tomar após a avaria são planeadas apenas no momento da ocorrência (manutenção não planeada). Dá-se o nome de “corretiva urgente” quando a falha envolve riscos de segurança de pessoas, envolvendo maior dispêndio de recursos e de uma forma inesperada. Quando se desenvolvem atividades de manutenção sem a existência de falhas, fala-se de manutenção preventiva sistemática ou manutenção preditiva, dependendo do controlo que é feito do estado do equipamento. Na manutenção preventiva sistemática, as tarefas de conservação são calendarizadas de acordo com uma periodicidade ótima, definida pelo tempo de vida do equipamento, disponibilidade de técnicos, materiais e do planeamento produtivo. Quando se faz o acompanhamento do estado de uma máquina, pode-se realizar uma manutenção preditiva, em que se conhece a evolução de determinados fatores do equipamento em causa e que contribuem para o seu colapso ou mau funcionamento.

Existem, na indústria, diferentes formas de abordar a manutenção dos equipamentos. A opção realizada pela empresa dependerá de vários fatores, como os recursos monetários e humanos disponíveis, a base de dados de materiais e/ou equipamentos existente e a qualidade dos registos de avarias e modos de falha destes. A solução ótima deverá passar por um compromisso entre os diferentes tipos de manutenção.

2.2 Rendimento operacional global

Segundo (Nakajima 1990), o rendimento operacional global de um equipamento está associado às diversas perdas ao longo do processo produtivo.

Define-se o rendimento global como:

$$\text{Rendimento operacional global} = ITO \times IPO \times IPA$$

Onde:

- ITO é o índice de tempo operacional
- IPO é o índice de performance operacional
- IPA é o índice de produtos aprovados

É importante referir que qualquer análise ou cálculo que se possa efetuar de algum destes fatores depende muito da abundância e da qualidade dos dados e/ou registos obtidos, para além das políticas internas da empresa em questão (horários de trabalho e calendarização relativamente a produção, manutenção e limpeza). O fundamental é que, de acordo com as possibilidades, se defina um parâmetro coerente para calcular e conhecer o rendimento de cada equipamento da instalação fabril.

2.3 Custos de manutenção

Para (Vasconcelos 1986) a manutenção não se pode apenas focar na conservação dos equipamentos, mas sim ter também em atenção os custos decorrentes da sua gestão e operação, tentando minimizá-los. A manutenção das máquinas deverá ser planeada, de forma a reduzir a existência de falhas, mas também compensadora em termos económicos.

Na Figura 3 estão presentes os vários tipos de custos de manutenção que devem ser considerados pela gestão, com base em (Faria et al. 2013) e (Vasconcelos 1986).

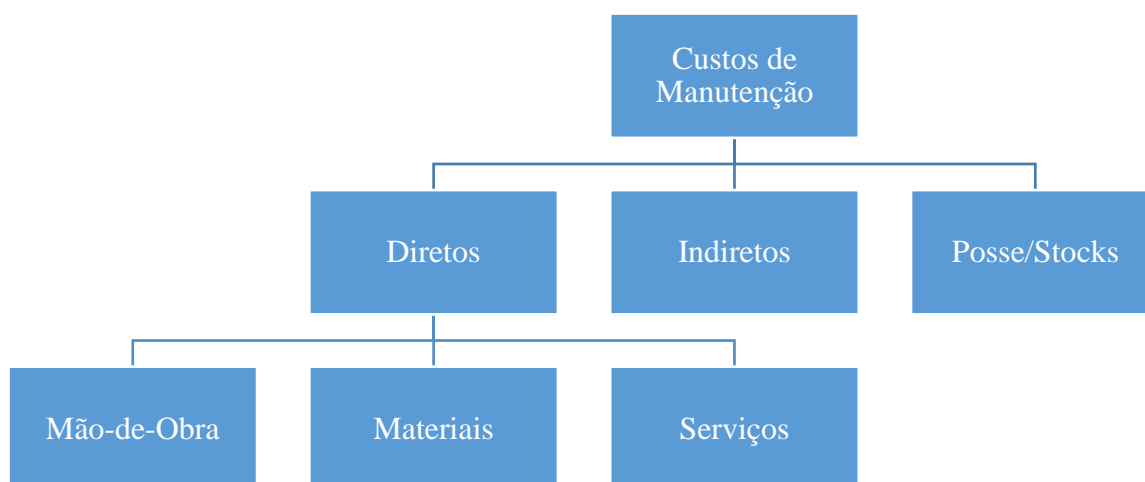


Figura 3 – Tipos de custos de manutenção

Os custos diretos dizem respeito a custos decorrentes de utilização de mão-de-obra, serviços subcontratados ou consumo de materiais. Custos indiretos, ou custos de oportunidade, são os custos de paragem do processo produtivo que se traduzem como perdas de produção.

A Figura 4 descreve a importância de se considerar os diferentes tipos de custos nas decisões da gestão, de forma a otimizar os totais gastos.

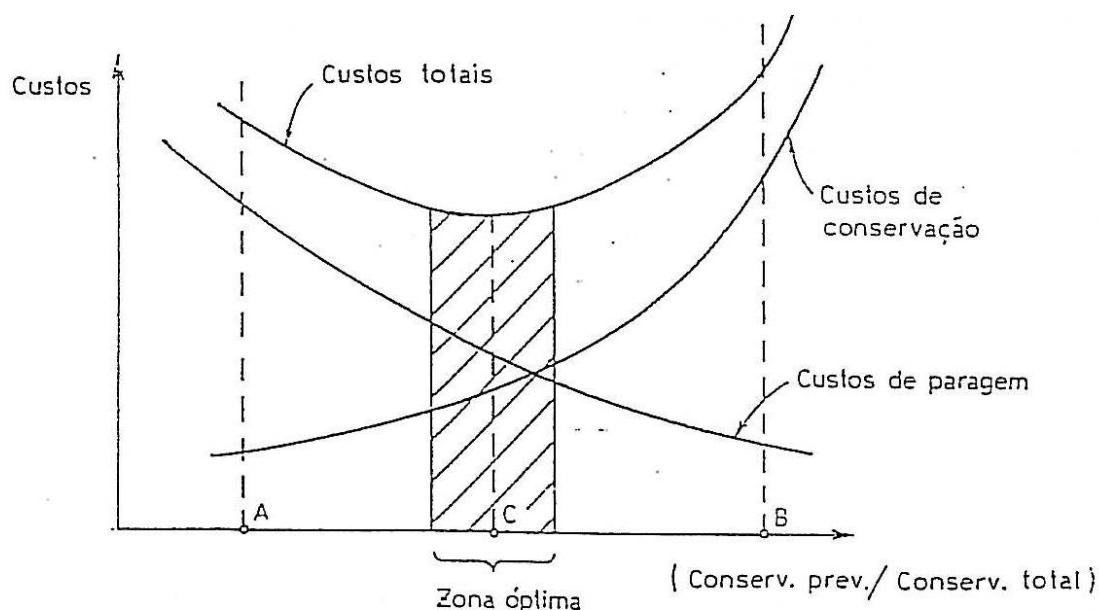


Figura 4 – Relação económica de custos na manutenção (Vasconcelos 1986)

Fica clara a pertinência de se considerar a conservação preventiva de uma forma moderada, e comprometida com a conservação corretiva, já que à medida que se aumentam as intervenções de prevenção nos equipamentos e nas instalações os custos de manutenção acrescem também cada vez mais, enquanto os custos de paragem vão sendo também cada vez menores. Isto significa que existe uma zona ótima de equilíbrio entre manutenção corretiva e preventiva, que minimiza os custos totais e rentabiliza o processo produtivo.

2.4 Análise de criticidade

Numa instalação fabril existem diversos equipamentos, em que cada um assume diferentes graus de importância no processo, sendo que as áreas da manutenção e de operação da empresa devem definir quais os equipamentos mais críticos para assim rentabilizarem os seus recursos, com o intuito de responderem mais eficazmente às exigências do mercado.

Como referido em (Macedo 2011), a criticidade de equipamentos não deve apenas ser definida com base em eficiência e custos, mas também ter em conta outros fatores tais como disponibilidade, importância no processo produtivo, segurança, impacto na qualidade do produto ou impacto ambiental, entre outros.

Na Tabela 1 é apresentada uma possível solução de cálculo.

Tabela 1 – Matriz de cálculo de criticidade

		Critério			$\sum (A \times B)$
		X	Y	Z	
Peso do critério no modelo (B)		%	%	%	
Equipamento	E1	(A)			
	E2				
	E3				

2.5 Curva ABC (Análise de Pareto 80/20)

A análise de Pareto é uma forma de ordenação de artigos ou itens, por ordem decrescente do seu valor de uso (ver Figura 5). É uma curva que assume particular importância quando se é confrontado com bases de dados elevadas, em que interessa poder focar a análise em determinados itens.

No caso particular da manutenção, a análise de Pareto pode permitir identificar que existe uma pequena percentagem de artigos (cerca de 20%) que acarretam grande parte do valor de uso (cerca de 80%). Dependendo do objetivo do estudo, esse valor de uso e esses artigos podem estar associados a custos, números de avarias ou tempos de paragem, por exemplo. Isto permite à gestão o seu enfoque na resolução de problemas, sempre com o objetivo de ordenar artigos por ordem de prioridade da sua gestão (ABC), como é visto noutros capítulos deste relatório.

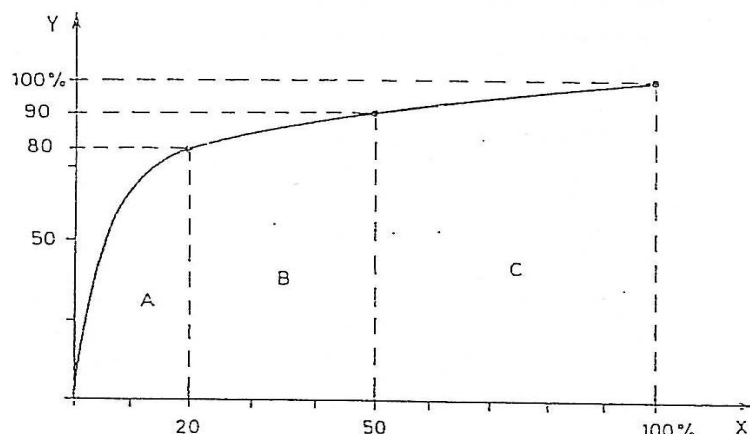


Figura 5 – Curva ABC (Vasconcelos 1986)

2.6 Técnica de análise de causas - diagrama Ishikawa

O diagrama de Ishikawa, também conhecido por espinha de peixe devido ao seu formato, é uma técnica de análise de causas que tem como objetivo rastrear possíveis origens para um determinado problema (efeito). Dependendo do contexto, o diagrama pode ter diferentes divisões de causas principais.

Na manutenção esta técnica é utilizada, por exemplo, quando se pretende rastrear a origem de uma determinada avaria ou mau funcionamento de um equipamento. O desenvolvimento da técnica é feito normalmente com o envolvimento de várias pessoas ligadas ao problema em causa e com conhecimento na área. Na Figura 6 apresenta-se um exemplo de um possível diagrama de Ishikawa.



Figura 6 – Diagrama Espinha-Peixe ou Ishikawa (Faria et al. 2013)

3 Descrição do problema e do método

O tipo de manutenção predominante na indústria é ainda a corretiva, sendo que, no caso da Unicer, a preventiva resume-se maioritariamente às revisões gerais, realizadas a uma secção da fábrica e em paragem do processo produtivo, englobando um elevado número de tarefas a vários equipamentos das instalações. Em relação a tarefas preventivas regulares a equipamentos, efetuam-se limpezas e lubrificações.

Em termos de organização da empresa, a abundância da manutenção corretiva leva a uma ineficiente gestão de recursos e falta de planos preventivos de manutenção. As principais consequências são:

- Existência de paragens/ indisponibilidade de equipamentos devido a desgaste
- Acumulação de stock/custos de posse
- Falta de orientação dos trabalhos para um objetivo comum
- Ineficiente gestão dos recursos humanos e monetários disponíveis
- Menor flexibilidade às exigências do mercado

Daqui surge a necessidade de realizar um plano de prevenção de falhas, que sirva como uma linha orientadora dos trabalhos na manutenção preventiva, sem se estar dependente da ocorrência de avarias e da aleatoriedade que delas advêm. Para isso, e dado o elevado número de máquinas, a limitação natural e inevitável do número de pessoas disponíveis e recursos financeiros, é preciso decidir sobre o equipamento em que a manutenção preventiva se deve focar primariamente, criando, neste caso, um ranking de criticidade.

Antes de partir para a descrição detalhada do modelo utilizado importa contextualizar como está estruturado o processo de avaria na Unicer, e também de que forma é utilizado o software adotado pela empresa (SAP).

3.1 Estrutura SAP dos equipamentos

Uma máquina da Unicer está codificada em SAP através de um determinado número que lhe é atribuído. Isto permite o registo das várias ocorrências que se pretende analisar ao longo do tempo de vida desta, como avarias ou substituição de materiais, facilitando qualquer análise que se pretenda realizar a posteriori. A estrutura desse equipamento no SAP, nos casos em que existe essa codificação, é feita como esquematizado na Figura 7, em que se verifica que, na realidade, nem todos os subequipamentos, conjuntos, ou materiais estão codificados, ou seja, nem todos os custos ou avarias associadas a subequipamentos terão registos no software utilizado pela empresa.

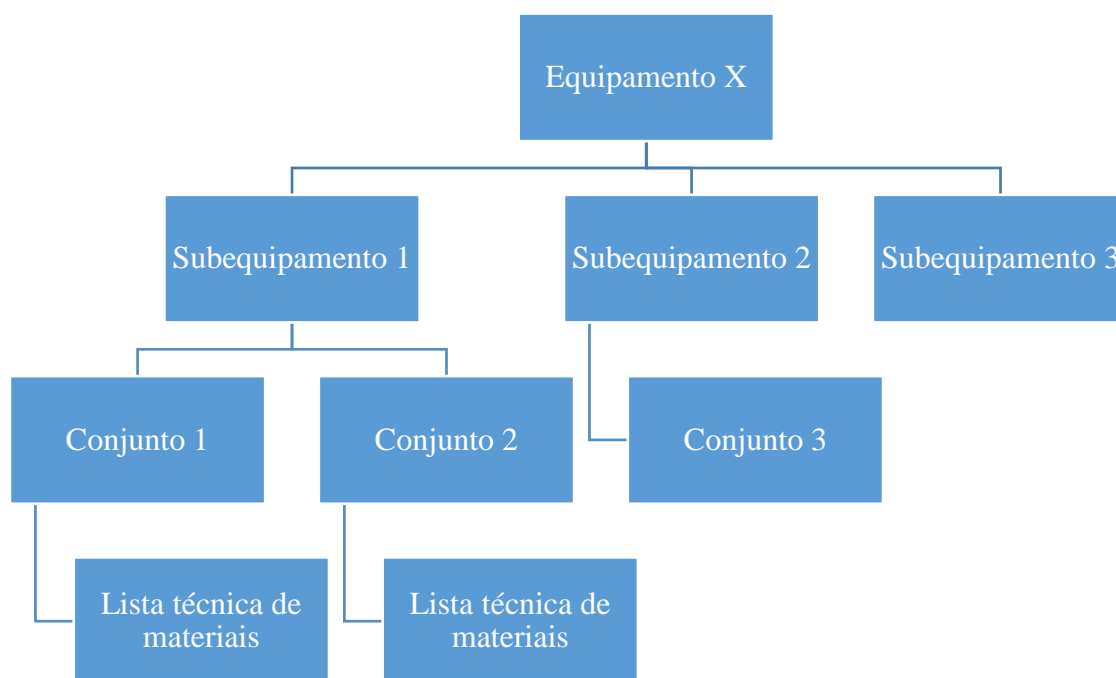


Figura 7 – Possível estrutura de um equipamento codificado em SAP

Na Tabela 2 faz-se a correspondência entre as designações SAP das partes da máquina, e a que tipo de sistema estas se referem.

Tabela 2 – Definições das designações SAP

Designação SAP	Descrição do sistema ou componente
Equipamento	Máquina ou sistema reparável, que contém diversos subequipamentos e materiais
Subequipamento	Atribuído a uma zona da máquina, que pode ser composta por diversos conjuntos de materiais ou diversos mecanismos, ou pode ele mesmo ser apenas um conjunto
Conjunto	Conjunto de peças com uma determinada função dentro de um subequipamento
Material/Componente	Peça única que pertence a determinado conjunto

3.2 Familiarização com o software SAP e processo de ocorrência de avaria

O SAP é um software que, no que à manutenção da Unicer diz respeito, armazena registos de ações de conservação e reparação dos equipamentos (denominados de “ordens de manutenção”), sendo que esses registos podem ser individuais (referentes a um só conjunto ou material de uma máquina) ou podem englobar várias tarefas em vários equipamentos diferentes (como em revisões gerais, por exemplo). Não é possível, de uma forma imediata, identificar que subequipamentos ou conjuntos foram alvo de tarefas de manutenção e com que custo, já que a única atribuição que lhe é feita é a da máquina em causa e eventuais materiais utilizados para substituição, quando é caso disso. Isto obriga a que se tenha que percorrer um processo demorado, analisando ordem a ordem os textos escritos pelos técnicos de

manutenção, a fim de perceber que conjuntos da máquina entraram em falha ou mau funcionamento.

3.3 Descrição do método utilizado

Neste subcapítulo descreve-se mais em detalhe o método utilizado para a realização do plano preventivo de manutenção, como pode ser visto na Figura 8, sendo que este pode ser dividido em várias etapas.

Em primeiro lugar, desenvolve-se um modelo de criticidade que permita ordenar as máquinas da linha de enchimento em termos de segurança do pessoal, segurança alimentar (área da Qualidade da empresa), ambiente, eficiência e custos. Para isso é necessária a cooperação entre os diferentes departamentos, a fim de avaliar as máquinas da forma mais correta em termos da sua criticidade. Depois disso pode-se partir para o estudo mais aprofundado da máquina crítica, realizando uma sequência de análises ABC, em termos de percentagem de avarias e em termos de custos diretos de manutenção, com o objetivo de identificar os conjuntos críticos (classificados como A's a nível de custos e de eficiência) em que será necessário focar primariamente as atenções, ao invés de analisar um sistema complexo material a material. A partir desses conjuntos de materiais que são identificados, consulta-se o manual do fabricante, de forma a ter uma recomendação de quais as peças de desgaste e do período ótimo para a sua substituição tendo em conta as suas horas de operação. Além disso, o manual de instruções das máquinas contém também, normalmente, medidas preventivas sugeridas a algumas zonas da máquina. No entanto, é fundamental o compromisso entre esse trabalho de consulta e a colaboração com os técnicos de manutenção, fazendo um levantamento no terreno do estado dos componentes e outros problemas da máquina, já conhecidos por eles.

O recurso a técnicas de análises de causas pode surgir em casos particulares, em que não se conhece uma causa direta para a ocorrência de determinado problema num dos conjuntos ou seus materiais. Reúne-se então com as pessoas mais experientes ou responsáveis pela área de funcionamento da máquina, a fim de encontrar possíveis causas e trabalhar nas suas soluções.

Após conjugação de todas estas fontes, técnicos ou outros responsáveis, levantamento de informação no terreno e consulta de manuais, consegue-se executar um plano preventivo de manutenção adequado às disponibilidades dos técnicos para a realização das tarefas, procurando melhorar a disponibilidade do equipamento com um mínimo de custos.

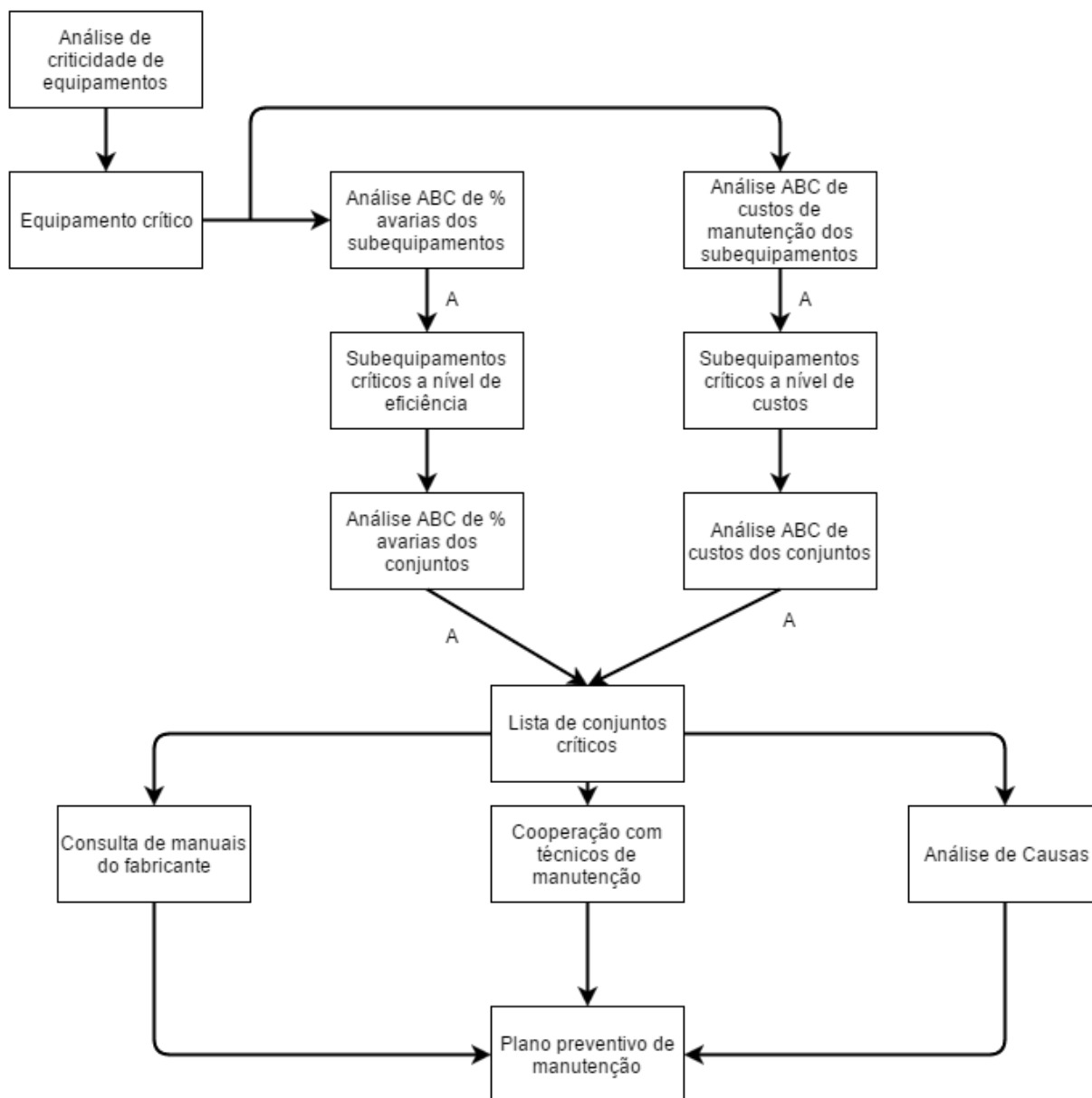


Figura 8 – Diagrama do método utilizado para a realização do modelo de criticidade e de um plano preventivo de manutenção

3.4 Familiarização com o modelo de criticidade

Um modelo de criticidade de equipamentos é uma forma de ordenar as máquinas de acordo com o seu valor de criticidade em termos de outras áreas relevantes para a empresa. Isto é dizer que cada máquina terá um determinado valor para cada um dos pilares do modelo. Neste caso, o modelo de criticidade é construído como indicado na Figura 9, tendo também como objetivo a integração e o alinhamento da tarefa da manutenção com os objetivos e requisitos de qualidade da Unicer.

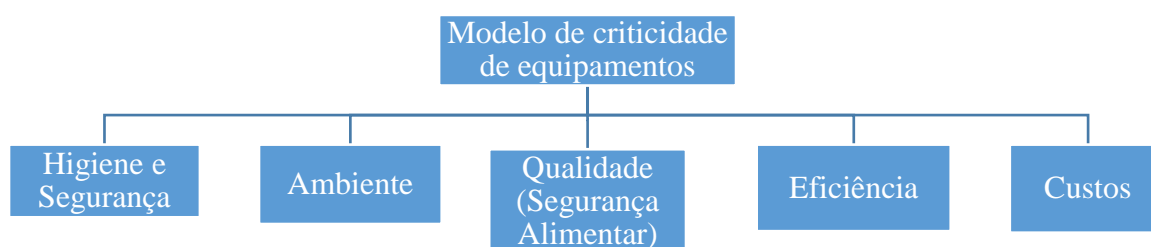


Figura 9 – Modelo de criticidade de equipamentos

Para estabelecer critérios e valores concretos para os vários pilares do modelo (segurança, ambiente, qualidade, eficiência e custos) é preciso conhecer os requisitos legais e internos destes, em conjunto com o funcionamento das máquinas, para se poder avaliar os equipamentos nesse sentido.

Na Tabela 3 figuram os vários aspetos a consultar ou a considerar de forma a definir os critérios de avaliação das máquinas nas diferentes áreas.

Para isso é necessária a cooperação e colaboração dos vários departamentos da Unicer, em que o ideal será que cada uma defina os seus critérios a servir no modelo de criticidade. Quanto maior for a integração das várias áreas da empresa neste trabalho, mais fácil será a execução do modelo e mais rápida poderá ser a resposta a um eventual problema.

Tabela 3 – Matriz macro do modelo de criticidade de equipamentos

MATRIZ MACRO				
	Obrigações Legais	Certificações	Análise de Risco	Histórico
Segurança	Decreto-Lei (DL) 50	OHSAS 18001	Análise de Perigos e Riscos	Acidentes
Ambiente	Por área de trabalho (DL 151-B)	ISO 14001	Matriz de Impacto Ambiental	
Qualidade	HACCP; Regulamento CE 1935	ISO 22000	Classificação Seg. Alimentar	Produto não conforme/Bloqueios e Reclamações
Eficiência				OEE/TAV
Custos				Custos de conservação e reparação

3.4.1 Obrigações legais e certificações

As obrigações legais presentes na Tabela 4 servem para se ser capaz de caracterizar os equipamentos de acordo com elas, mas também posteriormente para a realização do plano preventivo do equipamento crítico, selecionando através do estudo dessas normas ou decretos o que se pensa ser mais relevante para o trabalho.

As certificações de qualidade fazem parte dos objetivos fundamentais da Unicer e, como tal, é necessário avaliar se dessas certificações resultam aspetos a considerar na realização da análise de criticidade ou do plano preventivo, de forma a garantir-se também o alinhamento entre a manutenção e outros departamentos da empresa.

Tabela 4 – Obrigações Legais em termos de Segurança, Ambiente e Segurança Alimentar. Com base em (“1766 MINISTÉRIO DAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS” 2005), (Assembleia da República 2013) e (“ASAE - HACCP,” n.d.).

OBRIGAÇÕES LEGAIS E CERTIFICAÇÕES				
Segurança (DL 50)	Art. 6º 1) - Verificação inicial (antes da instalação da máquina)	Art. 6º 2) - Verificação periódica	Art. 6º 3) - Verificação em caso de acidente/tragédia ou em caso de longa paragem	Art. 10º a 29º - Garantir condições de segurança ao trabalhador
Ambiente (DL 151-B)	Abrangido para AIA (avaliação de impacto ambiental por área fabril)			
Alimentar	Verificação de pontos críticos de controlo (PCC)	Programas de Pré-Requisitos Operacionais (PPRO)	Materiais para indústria alimentar (Reg.CE 1935)	

3.4.2 Análises de risco de outras áreas da Unicer

De forma a criar o modelo de criticidade de equipamentos, para além das obrigações legais e certificações que são necessárias conhecer, é imprescindível a consulta de outros departamentos da empresa (Segurança, Qualidade e Ambiente) pois estes são os que melhor conhecimento têm acerca da criticidade das máquinas na respetiva área.

3.4.3 Histórico

No caso da segurança, é necessário aceder aos registos de acidentes, atribuídos a determinada zona da fábrica ou a um determinado equipamento, para se despistar que máquinas estão mais frequentemente relacionadas a incidentes de segurança e saúde no trabalho. Isso contribuirá para a análise de criticidade da máquina justificando um valor elevado para esses casos.

Para o pilar da qualidade em que se alicerça o modelo, analisa-se os dados de produto não conforme (PNC), bloqueios e reclamações que podem ser devidos a um determinado equipamento.

Em termos de custos e eficiência, torna-se mais imediato a avaliação de cada máquina, pois as disponibilidades e custos de manutenção estão diretamente ligados à tarefa e à área da manutenção, fazendo-se assim uma análise de quais os equipamentos com maiores taxas de avaria e custos diretos de manutenção.

O objetivo final desta análise crítica dos equipamentos é obter um ranking de criticidade das máquinas, de forma a de seguida se analisarem os vários subequipamentos.

3.5 Desenvolvimento do modelo

3.5.1 Segurança

Utilizando a análise de perigos e riscos (APR) da Segurança da Unicer, filtraram-se os riscos provenientes tanto da utilização das máquinas como da execução das tarefas da manutenção, manipulando-os depois algebricamente para definir um critério no modelo de criticidade. Antes disso foi também necessário perceber algumas definições provenientes da identificação de perigos e riscos, que são aqui introduzidas.

- Identificação do perigo – processo de reconhecer a existência de um perigo e de definir as suas características.
- Avaliação do risco – processo de avaliação do risco, resultante de um perigo, tendo em consideração a adequação de quaisquer controlos já existentes e de decisão sobre se o risco é ou não aceitável.
- Perigo – fonte, situação ou ato com um potencial para o dano, em termos de lesões ou afeção da saúde ou uma combinação destes.
- Risco – combinação da probabilidade de ocorrência de um acontecimento ou exposição perigosos e da gravidade de lesões ou afeções da saúde que possam ser causadas pelo acontecimento ou pela exposição.

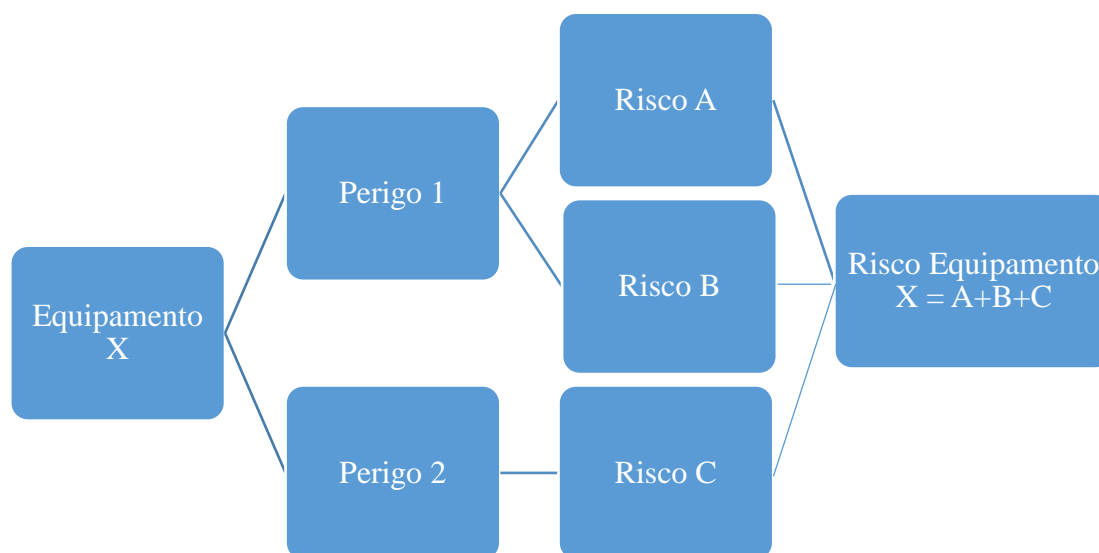


Figura 10 – Forma de cálculo do índice de risco dos equipamentos

A partir do índice de risco calculado para cada equipamento, obtém-se uma matriz de segurança, em que se fará corresponder cada intervalo de valores dessa matriz a um valor no modelo final. A matriz de criticidade de segurança é apresentada na Tabela 1 do Anexo A.

3.5.2 Ambiente

A partir da Matriz de Impacto Ambiental (MAA) (definida por zona de fábrica e não por máquina) cria-se uma matriz de criticidade ambiental para cada equipamento. Para isso consideram-se alguns aspetos a recolher de cada máquina, levantados no terreno e com a cooperação de técnicos de enchimento e o departamento de Ambiente da Unicer.

Os aspetos considerados relevantes a analisar para cada equipamento são:

- Consumo de água da rede
- Consumo de ar comprimido
- Consumo de CO₂
- Consumo de energia elétrica
- Consumo de energia térmica
- Volume de produção de resíduos
- Utilização de produtos químicos

Para cada um dos itens referidos trabalhou-se em conjunto com a área do Ambiente da empresa a fim de definir a forma de cálculo do valor de criticidade ambiental. Os índices de gravidade atribuídos a cada aspeto são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5 – Gravidade associada aos dados a recolher para cada máquina

Aspeto a analisar	Gravidade (1 a 3)
Consumo de água da rede	2
Consumo de ar comprimido	3
Consumo de CO ₂	3
Consumo de energia elétrica	3
Consumo de energia térmica	3
Volume de produção de resíduos	3
Utilização de produtos químicos	2

De seguida apresenta-se a matriz de cálculo do índice de risco ambiental de acordo com a probabilidade ou quantidade da ocorrência (ver Tabela 6), em que a correspondência a cada valor de ocorrência é:

- 0 - Inexistente/não aplicável
- 1 - Pouco consumo/quantidade
- 2 - Consumo/quantidade media
- 3 - Elevada frequência/quantidade

Tabela 6 – Matriz de cálculo do IRA

Índice de risco ambiental (IRA) = Ocorrência x Gravidade		Gravidade		
		1	2	3
Ocorrência	0	0	0	0
	1	1	2	3
	2	2	4	6
	3	3	6	9

Na Tabela 7 apresentam-se alguns valores de criticidade para cada equipamento, calculados a partir da soma do IRA para cada aspeto.

Tabela 7 – Exemplo de valores de criticidade ambiental por equipamento

Equipamento	Cons. Água	Cons. Ar comprimido	Cons. CO2	Cons. Energia elétrica	Cons. Energia térmica	Util. produtos químicos	Produção de Resíduos	Valor Criticidade (Soma)
Máquina A	2	3	1	2	3	2	2	15
Máquina B	1	2	3	1	2	2	2	13
Máquina C	2	2	1	3	2	1	2	13

3.5.3 Qualidade

Com o objetivo de obter um valor de criticidade a nível de qualidade e segurança alimentar para cada máquina, contactou-se a secção respetiva da Unicer, a fim de conhecer a classificação atribuída a cada um dos equipamentos.

Um equipamento classificado como PCC trata-se de um ponto crítico de controlo, em que a máquina efetua um “teste tipo passa-não passa”, garantindo a qualidade do produto até aquele ponto do processo produtivo. Já um PPRO é um equipamento com um programa de pré-requisitos operacionais, que procura minimizar a probabilidade de ocorrência de um determinado perigo de contaminação do produto ou do processo.

Além da análise baseada na classificação da segurança alimentar, verificou-se os registos dos equipamentos que originam maior quantidade de bloqueios, reclamações ou produtos não-conforme (PNC). O objetivo é despistar se existe alguma máquina que possa ser crítica em termos de qualidade sem que isso esteja presente na classificação da secção do respetivo departamento.

3.5.4 Eficiência

A eficiência dos equipamentos, no que à manutenção da Unicer diz respeito, estuda-se pelo seu tempo de avaria efetivo, numa base temporal, relacionando-o com o seu tempo total, considerando uma velocidade média da linha igual à sua capacidade nominal. Designa-se esse resultado, em forma de percentagem, por TAV do equipamento (ver eq. 1).

$$TAV (\%) = \frac{TA}{TT} \times 100 \quad \text{Eq. 1}$$

Na Figura 11 está representada uma possível divisão de tempos ao longo de um turno de funcionamento de uma máquina (tempo total).

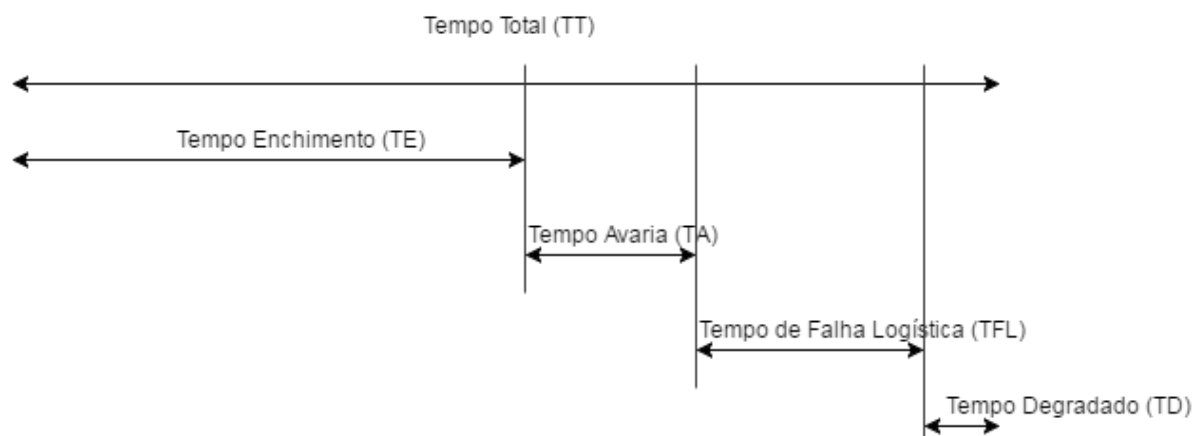


Figura 11 - Cálculo do TAV para equipamentos Unicer

3.5.5 Custos

Os custos relevantes para distinguir os equipamentos pelos seus gastos são os custos de manutenção diretos, introduzidos no capítulo 2 deste relatório. Esses dados são obtidos a partir do SAP, em que se procuram obter os custos das várias máquinas da linha em estudo para o período de análise escolhido.

Na Tabela 8 apresenta-se o modelo de criticidade utilizado para ordenar os equipamentos de acordo com segurança, ambiente, qualidade, eficiência e custos, com critérios estabelecidos para cada um dos pilares do modelo.

Tabela 8 – Modelo de criticidade de equipamentos

			Valor a atribuir no modelo				
Área/Dep.	Peso	Critério	5	4	3	2	1
Segurança	1	IRS	>25	>19	>13	>7	-
Ambiente	1	IRA	>47	>35	>23	>11	-
Qualidade	1	Matriz Qualidade	PCC/obrigação legal	-	PPRO	Possível fonte de contaminação	-
Eficiência	1	(%) TAV	>1,50%	>1,00%	>0,50%	>0,20%	-
Custos	1	Custos de Manutenção	>100000	>50000	>25000	>10000	-

Aplicando o modelo de criticidade aos equipamentos da linha de enchimento em estudo resultam os valores apresentados na Tabela 2 do Anexo A.

Com o modelo realizado é possível definir os próximos passos da manutenção preventiva, focando as suas atenções na máquina mais crítica, e, daí em diante, ter objetivos bem definidos em termos de máquinas que são prioritárias. No próximo subcapítulo procede-se à aplicação do método para a realização plano preventivo de manutenção do equipamento crítico da linha de enchimento.

4 Aplicação do método e realização do plano preventivo

4.1 Máquina crítica

A máquina da linha de enchimento em que foi efetuado o plano preventivo de manutenção designar-se-á por “Equipamento X”.

É uma máquina de grande dimensão que utiliza uma grande variedade de fluidos como CO₂, ar comprimido, água, cerveja e produtos químicos para limpeza dos seus componentes. É responsável pelo enchimento de cerveja e capsulagem da garrafa.

4.1.1 Estrutura da máquina

A máquina é constituída pelas seguintes estruturas principais, como também pode ser visualizado nas Figuras 12,13 e 14.

- 1 Transporte de garrafas
- 2 Dispositivo de enchimento (constituído pela parte superior e pela parte inferior)
- 3 Dispositivo de colocação de tampas no transporte de garrafas (capsulador)
- 4 Quadro de válvulas de processo
- 5 Bomba de vácuo

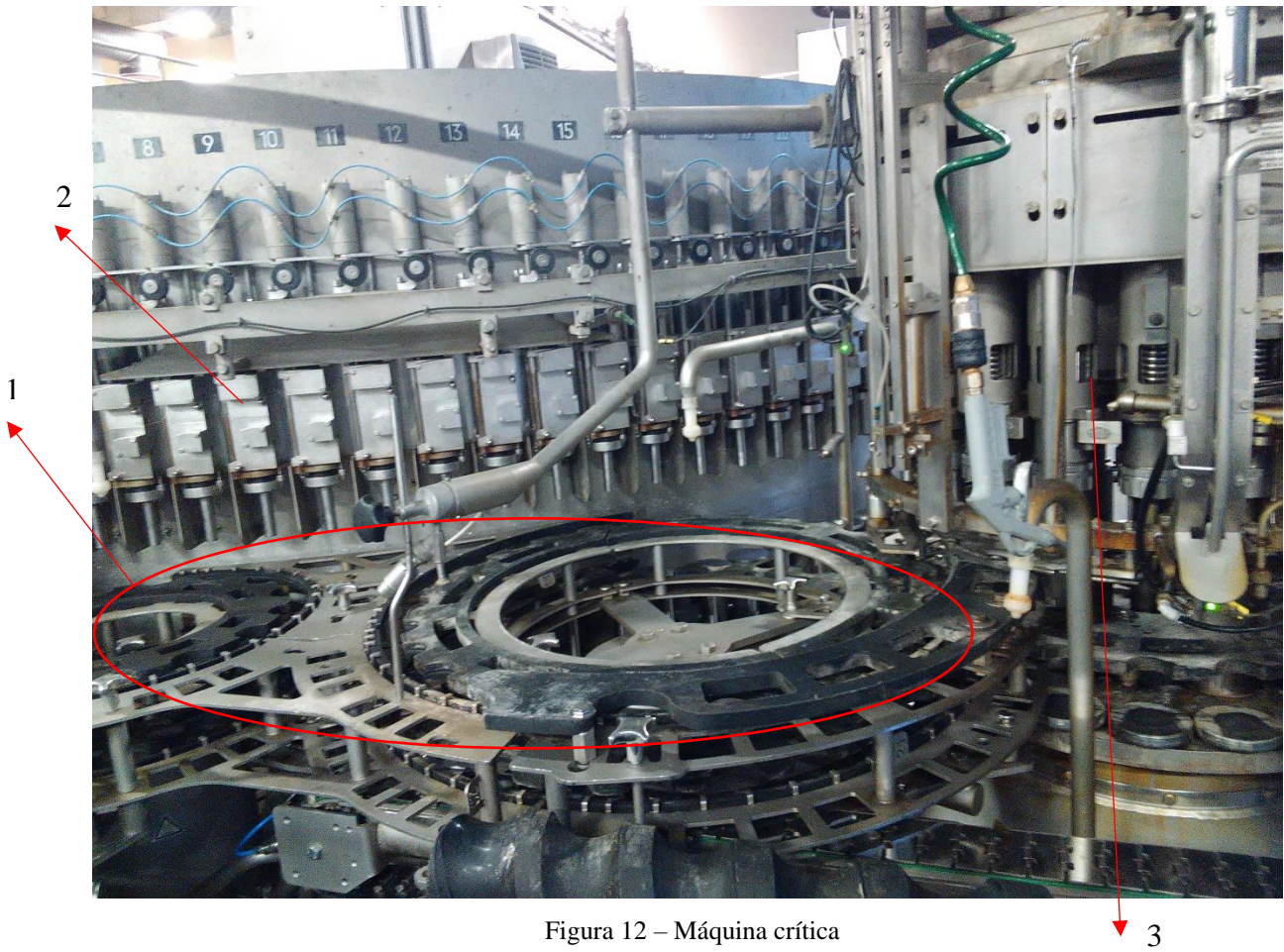


Figura 12 – Máquina crítica

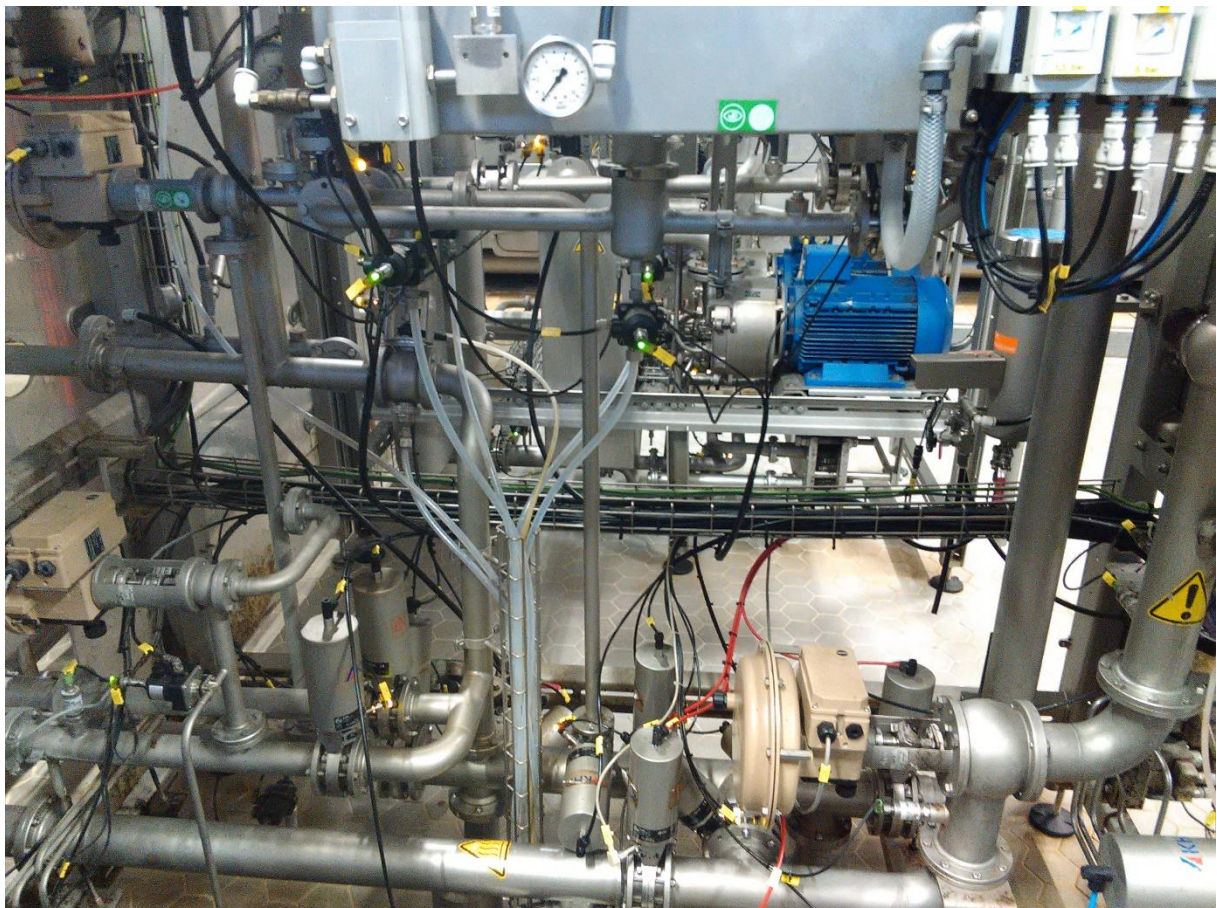


Figura 13 – Quadro válvulas de processo – (4)

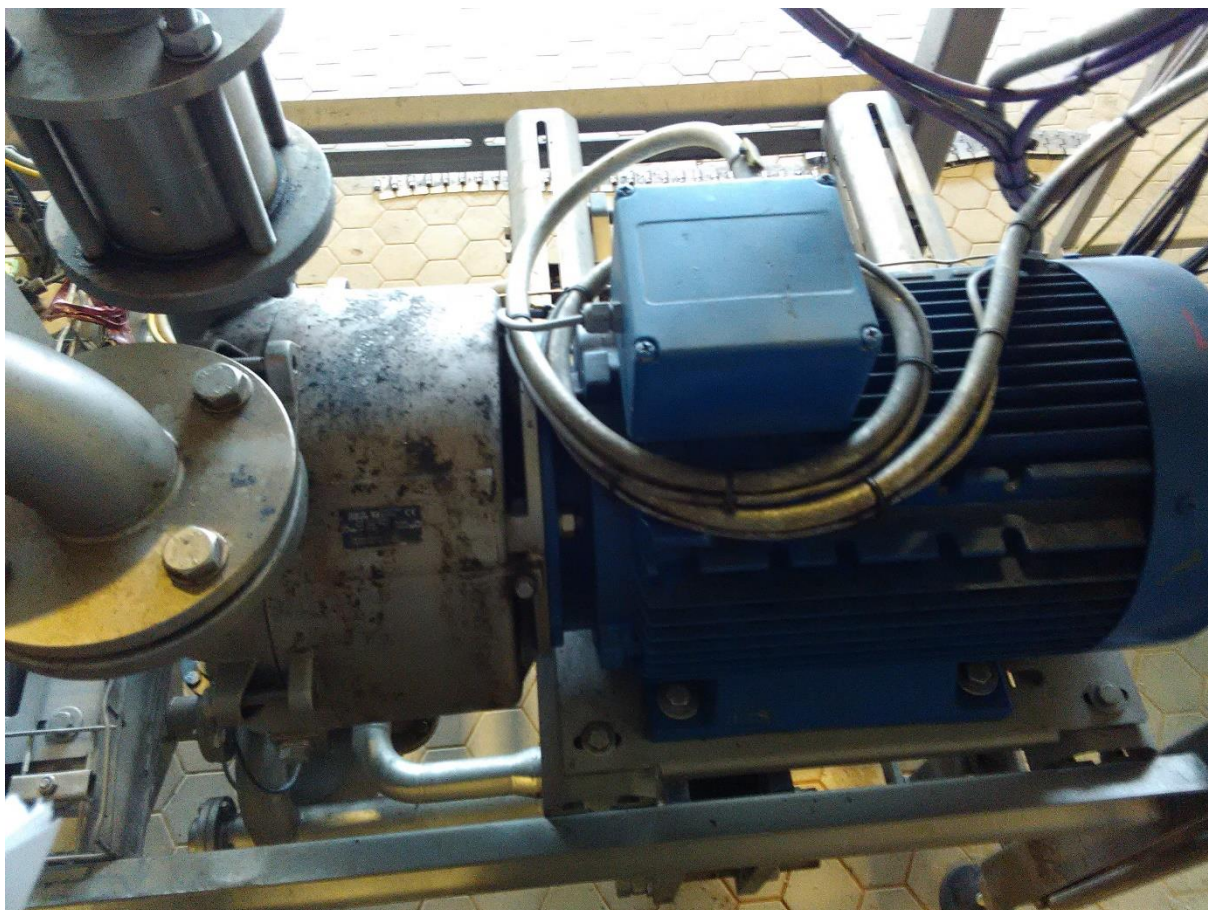


Figura 14 – Bomba de vácuo – (5)

4.2 Análise ABC (Pareto) de custos por subequipamento

Com base nas tarefas de manutenção realizadas na máquina crítica no período de análise (obtidas a partir do SAP) faz-se uma análise de Pareto (ver Figura 15), com o objetivo de selecionar os subequipamentos críticos a nível de custos. Estes subequipamentos estão, normalmente, associados ao nome das operações registadas no SAP pelos técnicos de manutenção (valores Op da Figura 15).

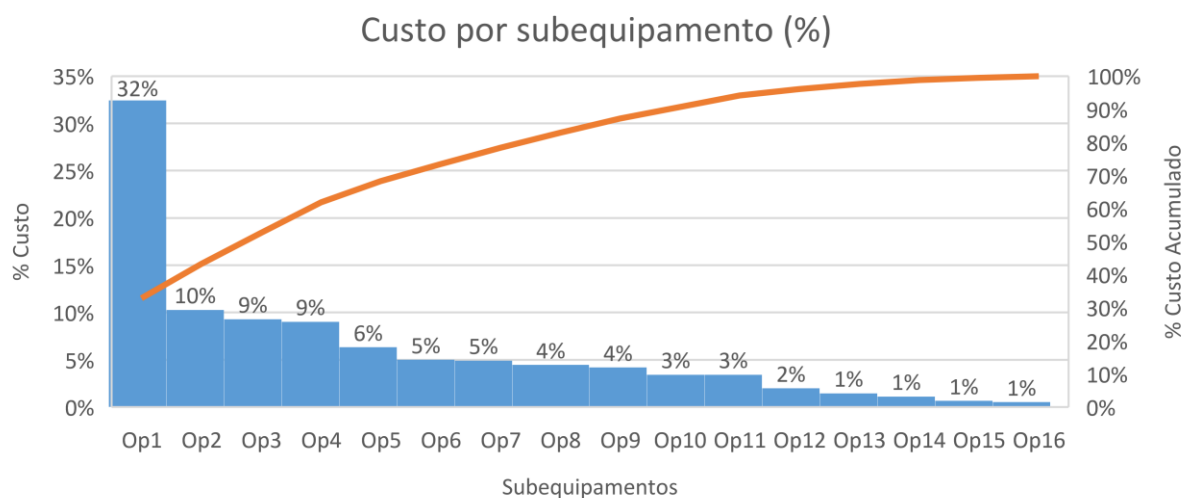


Figura 15 – Análise ABC de custos por operação de manutenção da máquina crítica

Após selecionadas as operações classificadas como A (referente a cerca de 20% do número total de operações realizadas à máquina), efetua-se o mesmo processo para cada uma dessas operações, identificando assim os materiais críticos a nível de custos.

Depois dessa seleção de componentes e tarefas ou operações que são necessárias analisar, terá de se saber se esses custos se devem ao custo unitário do material ou à recorrência da sua utilização. Isso pode levar a escolher diferentes soluções para o problema. Quando o custo se deve ao preço elevado do componente, pode-se procurar outras soluções no mercado desde que esses materiais satisfaçam as necessidades do bom funcionamento da máquina. Já quando se deve a um fenómeno de recorrência (por elevada periodicidade de substituição preventiva ou por avaria) terá de se realizar uma análise crítica, verificando se não se estará a substituir um determinado material com uma frequência excessiva, dependendo assim da consequência para o bom estado de conservação da máquina da entrada em falha desse material.

4.3 Tipificação de avarias por subequipamento

Após a familiarização com o software utilizado pela Unicer (SAP), percorreram-se os registos de avarias da enchedora para o período de análise em causa com o objetivo de tipificar as diferentes falhas do equipamento. Apesar do SAP possuir a opção de definir o conjunto em que ocorreu a avaria, ela acaba por nunca ser preenchida pelos técnicos de manutenção aquando da resolução da ocorrência. Assim, a solução adotada passou pela criação de uma base de dados em Excel, em que se procura, através da filtragem de resultados, tipificar as avarias em termos de subequipamentos ou conjuntos da máquina crítica, com o objetivo de, tal como realizado para os custos (análise de Pareto), ter uma melhor base de decisão para a realização do plano preventivo.

O gráfico obtido para a percentagem de avarias (número de ocorrências por ocorrências totais da máquina) dos subequipamentos está representado na Figura 16.

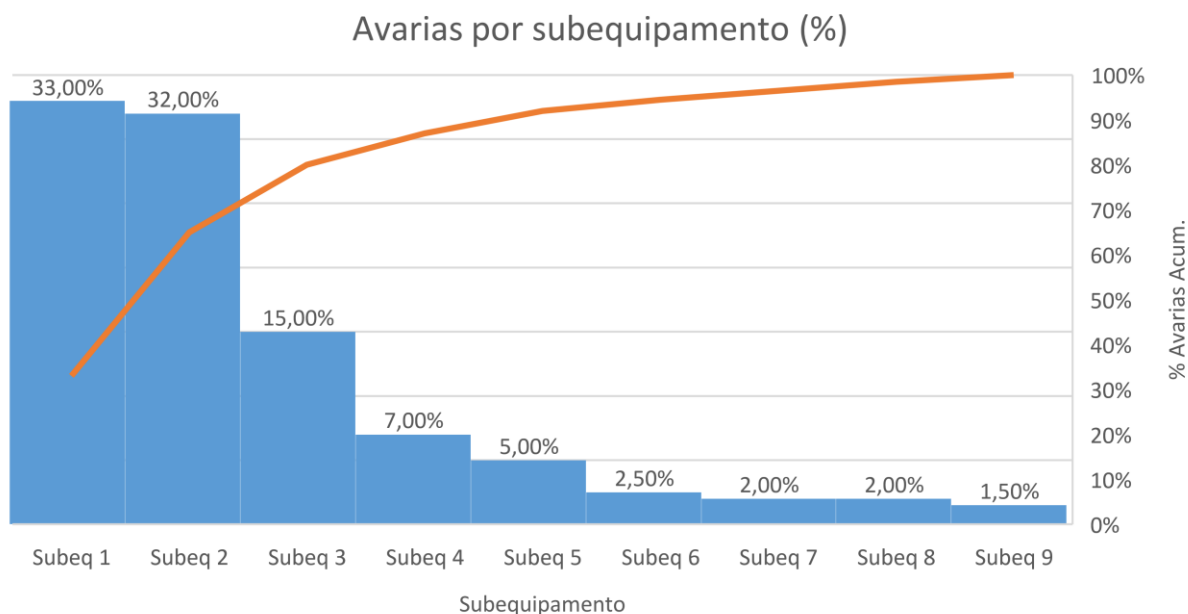


Figura 16 – Análise ABC de percentagem de avaria dos vários subequipamentos

4.4 Subequipamentos críticos

Da análise de custos e da tipificação de avarias efetuada resultam alguns subequipamentos que se consideram críticos, obrigando a um estudo mais aprofundado dos mesmos, com o objetivo de decidir acerca da periodicidade ótima para substituição de determinados materiais ou realização de outras tarefas de manutenção, ou se é necessário atuar sobre as causas de determinado problema na máquina.

Após essa identificação consulta-se o manual do fabricante, com o intuito de conhecer e comparar os tempos indicados de desgaste com os reais. Com a ajuda dos técnicos de manutenção procura-se perceber o porquê do desgaste do material em causa ou da sua avaria (no caso de um conjunto), trabalhando também, quando necessário, com técnicas de análise de causas descritas à frente no relatório. Contudo, de todos os conjuntos críticos identificados, apenas alguns foram sujeitos a um estudo relevante de assinalar neste relatório, sendo eles:

- Subequipamento 1 (ver Figura 16)
- Operação 1 (ver Figura 15)

4.4.1 Operação 1 - Válvulas de enchimento

As válvulas de enchimento são o conjunto responsável pela introdução do produto a ser utilizado na garrafa, sendo estas atuadas pneumaticamente. É um conjunto que contém materiais caros e que, devido a muitos deles serem de contacto com o produto, é recomendada uma elevada frequência de substituição. Para além disso, é um conjunto que é fundamental para o cumprimento das obrigações legais em termos de segurança alimentar e também para a garantia de qualidade do produto final. O desenho de uma destas válvulas pode ser visto na Figura 17.

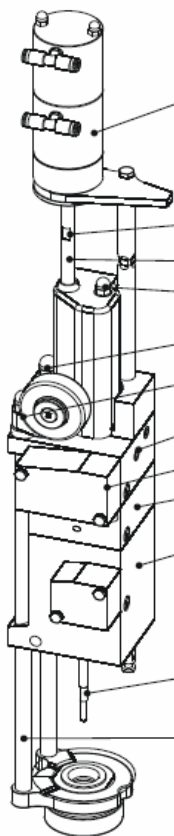


Figura 17 – Válvula de enchimento

Em relação a este conjunto foi fundamental a colaboração com os técnicos de manutenção no sentido de saber quais os materiais que efetivamente seriam de desgaste, e com que periodicidade seria necessária a sua substituição, garantindo um compromisso entre qualidade do produto e custos.

Com o levantamento efetuado do estado dos vários materiais, concluiu-se que a periodicidade de substituição adotada pela Unicer até à data (igual à recomendada pelo fabricante) não seria a mais adequada, procedendo-se assim a uma alteração na mesma. Com a Figura 18 (peças de desgaste rodeadas a vermelho ou verde) em conjunto com a Tabela 9 apresenta-se a alternativa proposta para o plano preventivo, explicada de seguida.

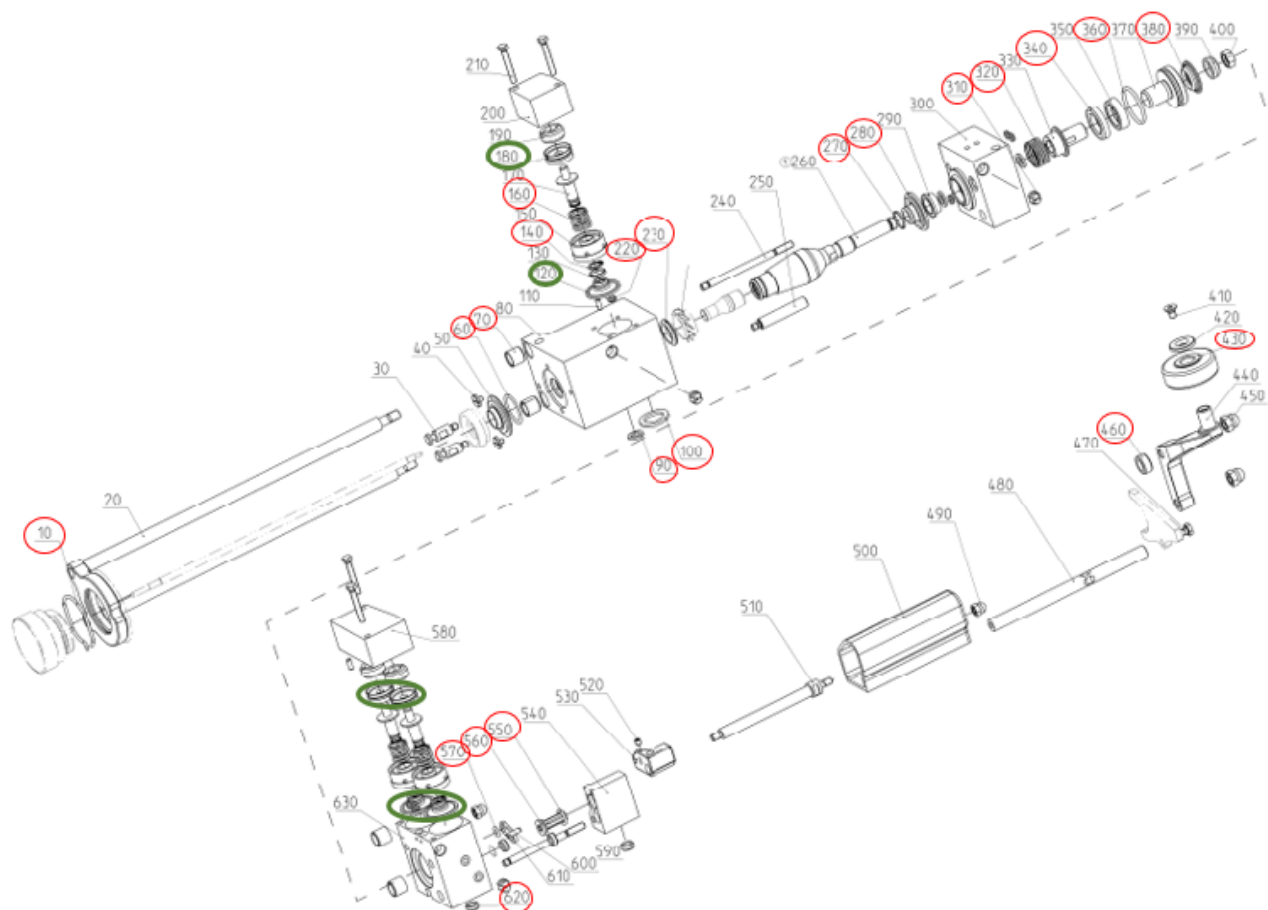


Figura 18 – Desenho explodido de uma válvula de enchimento

Tabela 9 – Comparação de periodicidades de substituição de materiais

Posição	Cód. SAP	Designação SAP do material	Quantidade	Fabricante	Novo plano
10	38436	Mola de Compressão X57011072	1	Anual	Bianual
60	39344	O'Ring Ø22mm Exter.301024012331	1	Anual	Bianual
70	48193	Casquilho Veio Tulipa X58899708	4	Anual	Bianual
90	37948	Anel de Vedação 58899704S007	3	Anual	Bianual
100	46370	Anel de Vedação 58899704S004	1	Anual	Bianual
120	46371	Diafragma X58899828	3	Anual	Semestral
140	45738	Freio Elástico Inox p/Veio DIN-471 Ø10mm	3	Anual	Bianual
160	37960	Mola do Pistão 301022021730	3	Anual	Bianual
180	46372	Êmbolo Duplo Válv. Ench. Ø25 X59999769	3	Anual	Anual
220	10668 7	Peças p/Enchedoras/Capsuladoras "KHS"	6	Anual	Bianual
230	46373	Vedante X58899797	1	Anual	Bianual
270	48197	Anel Retenção Diafragma X58811404	1	Anual	Bianual
280	46374	Membrana X58899723	1	Anual	Bianual
310	48199	Taco Vedação Válv. Ench. X58899788	3	Anual	Bianual
320	46375	Mola Compressão 301022023100	1	Anual	Bianual
340	46376	Manga X58899707	1	Anual	Bianual
360	46377	O'Ring 301026010241	1	Anual	Bianual
380	46378	Membrana P.N. X58899731	1	Anual	Bianual
430	37965	Rolo de Pressão X57011477	1	Anual	Bianual
460	48201	Batente Amortec. Patim Tulipa X58876734	1	Anual	Bianual
550	46379	O'Ring 301024016070	1	Anual	Bianual
550	46379	O'Ring 301024016070	1	Anual	Bianual
560	46383	Junta Vedação Válv. Anti-retorno X58811257	1	Anual	Bianual
560	46384	O'Ring Válv. Anti-retorno 301024019650	1	Anual	Bianual
570	46380	O'Ring 301024016440	1	Anual	Bianual
620	10668 7	Junta de Vedação	4	Anual	Bianual

Como se pode verificar, existe um diafragma (assinalado a verde na Tabela 9) que será substituído com uma frequência maior à que era levada a cabo anteriormente. Isto deve-se a ser um componente de contacto com o produto e em que existe um desgaste elevado ao fim de seis meses de utilização (ver Figura 19). Por outro lado, existem diversos materiais (a maior parte) que permanecem nas suas condições de bom funcionamento durante dois anos, ao contrário do indicado pelo fabricante. Isto traduz-se numa economia de recursos para a empresa, sem comprometer a qualidade do produto e disponibilidade da máquina.

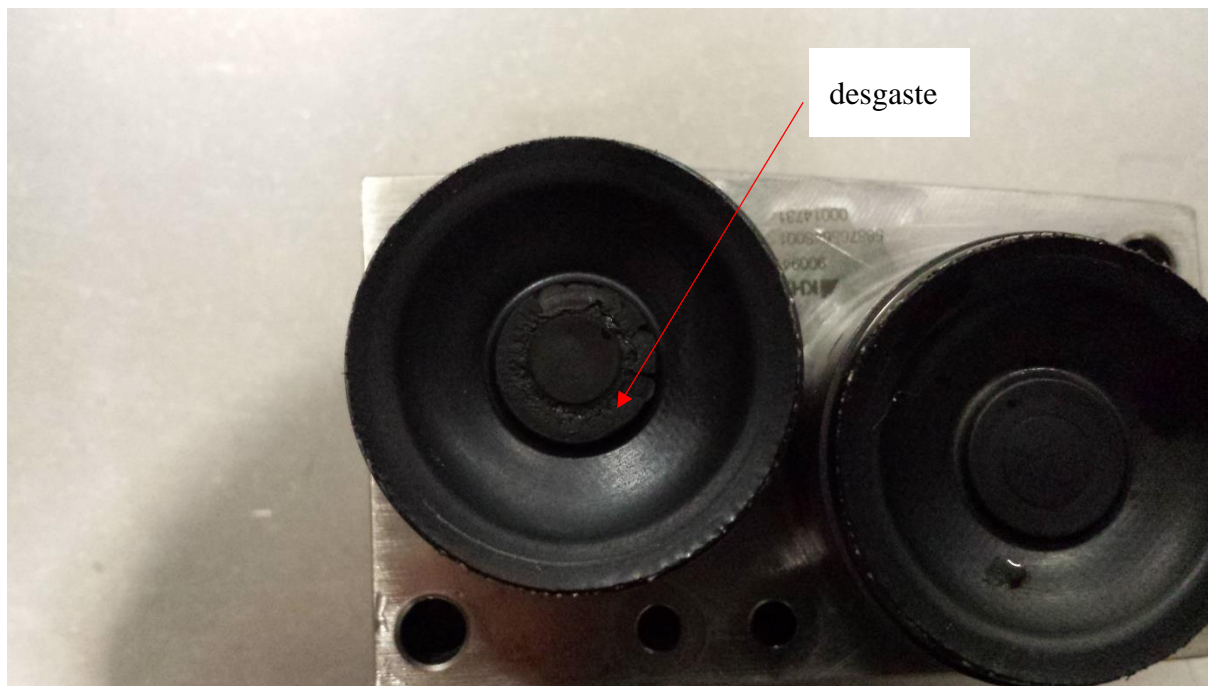


Figura 19 – Desgaste da membrana da válvula de enchimento

4.4.2 Subequipamento 1 - Transporte de garrafas

O subequipamento “Transporte de garrafas” é composto por vários conjuntos ou mecanismos que são responsáveis pelo transporte da garrafa na máquina crítica desde a sua entrada até à saída. São indicados os conjuntos de maior importância na Figura 20.

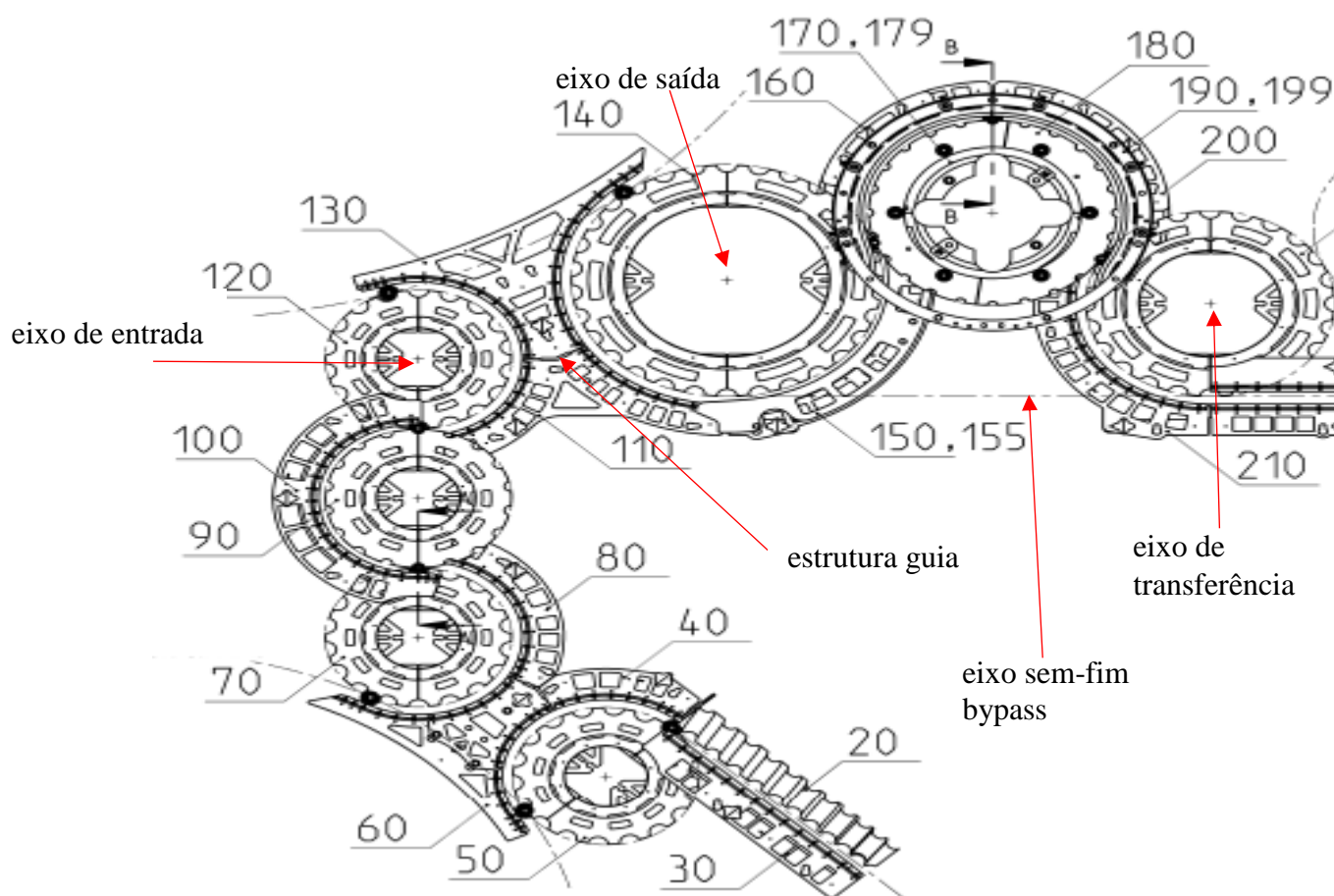


Figura 20 – Transporte de garrafas

Em toda a estrutura de transporte são montadas as peças de formato (designadas de estrelas, cujo formato depende do tipo de produto a ser processado) responsáveis pelo contacto mecânico com a garrafa e sua movimentação (ver Figura 21).



Figura 21 – Estrelas de transporte da garrafa

Dado que o transporte de garrafas é considerado um subequipamento crítico ao nível da sua percentagem de avarias, faz-se outra análise de Pareto, agora para os seus conjuntos, de forma a melhor identificar a origem do problema em causa (ver Figura 22).

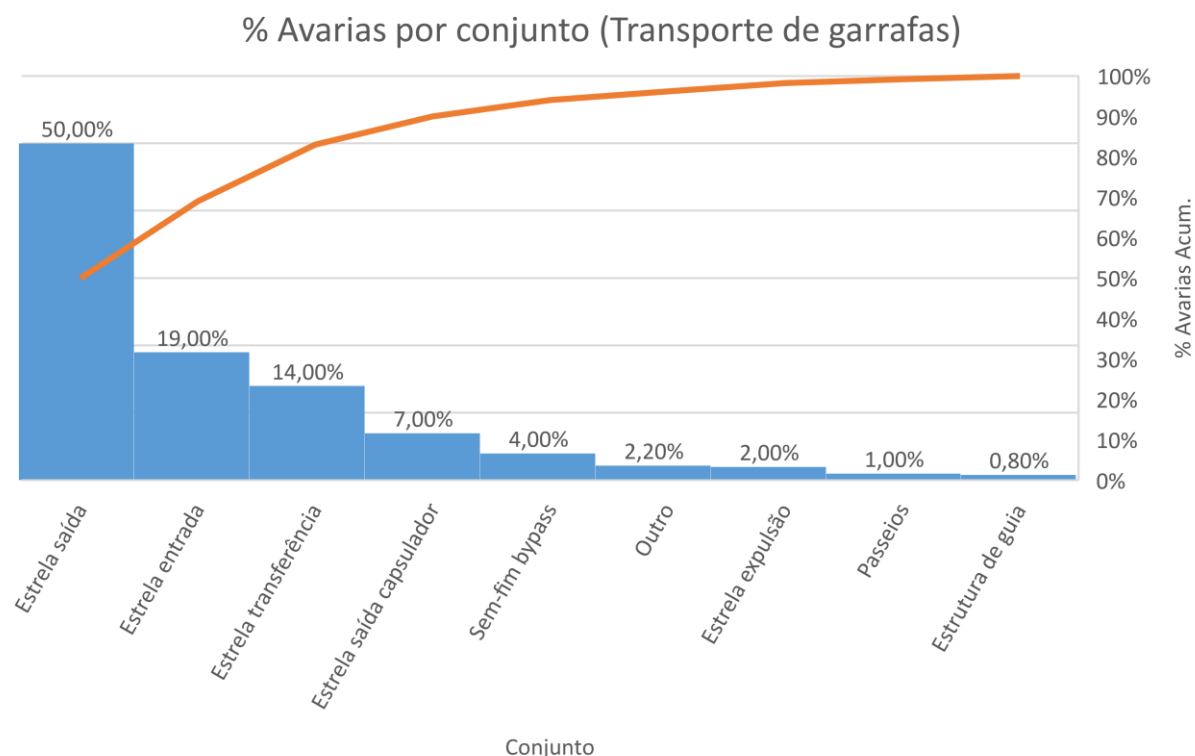


Figura 22 – Gráfico de Pareto da % avarias dos vários conjuntos do transporte de garrafas

Com a observação da análise de Pareto realizada, fica claro que há um problema no eixo de saída da máquina crítica, no qual ocorrem diversas falhas (dessincronização da estrela de transporte da garrafa com o servomotor de acionamento, que pode levar a encravamento e/ou rebentamento da garrafa na máquina, ou mau posicionamento da garrafa na peça de formato).

Sendo o transporte da garrafa na máquina um fenómeno que envolve a interação de diferentes zonas da máquina e que ocorre a grandes velocidades, torna-se complicado e pouco direto identificar a causa dos problemas existentes, uma vez que uma avaria de um conjunto anterior pode fazer-se sentir mais à frente no fluxo de transporte. Dessa forma, procede-se mais uma vez à cooperação com técnicos de manutenção e outros responsáveis, a fim de reunir possíveis causas provocadoras das avarias. Neste caso em particular, isso foi realizado com recurso a uma técnica de análise de causas, o diagrama de espinha de peixe ou diagrama Ishikawa (ver Figura 23).

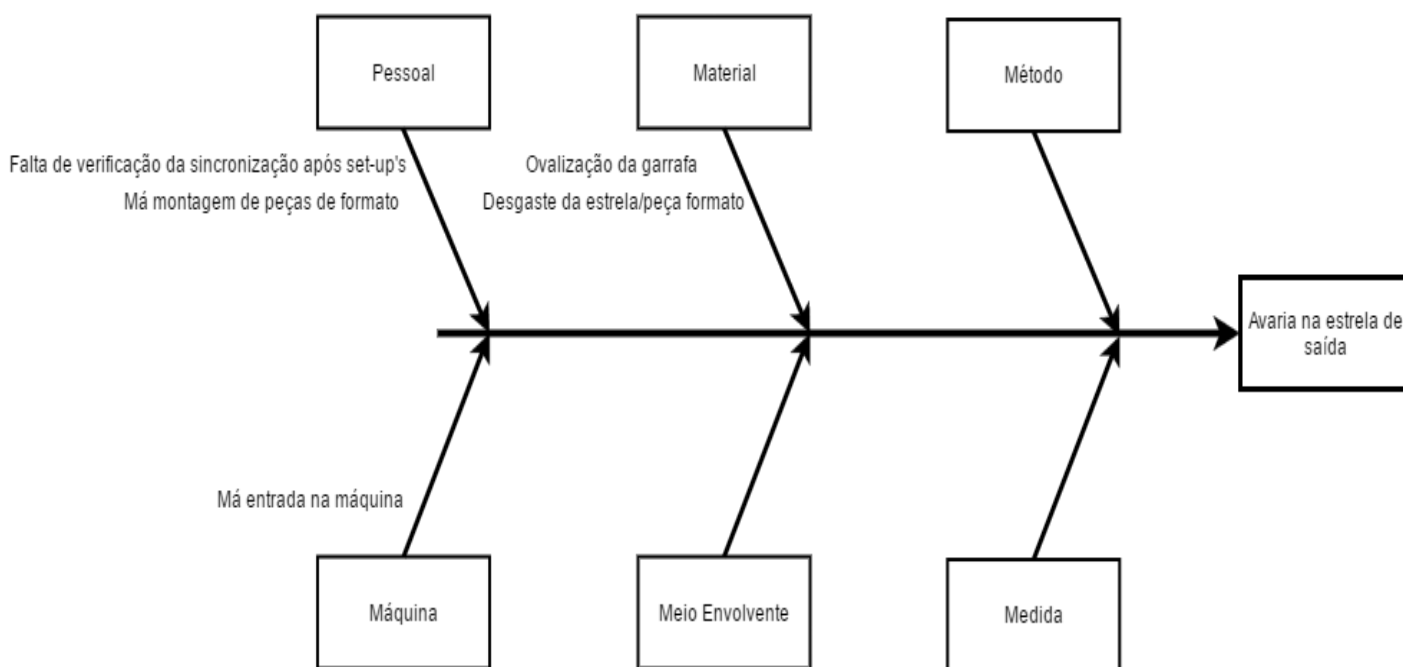


Figura 23 – Diagrama espinha de peixe para o problema na estrela de saída

Após a investigação de todas as possíveis causas visíveis no diagrama de espinha de peixe, não se chega a um resultado conclusivo em termos de medidas para o plano preventivo da máquina. Contudo, a análise efetuada permite indicar algumas possíveis soluções que caberá à empresa decidir acerca da sua realização ou não. As medidas sugeridas para os efeitos deste trabalho são:

- Substituição da estrela de saída e acompanhamento dos resultados obtidos, em comparação com os anteriores
- Processo Operacional Standard (POS) para ajuda aos técnicos de operação na verificação do sincronismo da estrela de saída com a máquina aquando da realização de uma mudança ou novo arranque

4.5 Plano preventivo de manutenção da máquina crítica

Depois da utilização do método descrito ao longo deste trabalho, que consiste no modelo de criticidade de equipamentos para identificação da máquina crítica e depois na investigação detalhada dos vários conjuntos deste, chega-se a um plano preventivo de manutenção muito próximo daquilo que a Unicer utilizará para o equipamento em questão. O processo enunciado para a definição de periodicidades de substituição para as válvulas de enchimento foi semelhante ao que foi efetuado para outros conjuntos.

A versão do plano preventivo da máquina que foi realizada neste trabalho surge no Anexo B deste relatório.

5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

O objetivo do projeto foi melhorar a disponibilidade da máquina crítica da linha de enchimento, garantindo a qualidade do produto e com um mínimo de custos de manutenção associados. Esse objetivo foi atingido, levando a cabo o método descrito neste relatório, principalmente no que diz respeito à periodicidade de realização de determinadas tarefas de manutenção, bem como de substituição de materiais. Contudo, antes disso foi também essencial a realização do modelo de criticidade de equipamentos. Esse modelo procurou inteirar as diferentes áreas da empresa do trabalho que estava a ser realizado, levando a que haja um consenso na máquina em relação à qual se irá definir os planos preventivos de manutenção e de modo a que esta seja a que justifica maior dispêndio de recursos, em relação a outras máquinas. A ideia é a empresa ser capaz de ordenar o seu foco de atenções no que à manutenção diz respeito, por uma ordem decrescente de criticidade/prioridade dos equipamentos. Após a realização do plano preventivo de manutenção descrito neste relatório, o objetivo será proceder a um outro plano de manutenção para o segundo equipamento desse modelo de criticidade.

Para o desenvolvimento do modelo foi necessário o estudo de alguns decretos-lei e/ou normas de segurança e saúde no trabalho (SST) e de avaliação de impacto ambiental na indústria, bem como a interação com esses departamentos e a área da Qualidade da empresa, adaptando também as análises de perigos e riscos existentes internamente ao modelo realizado.

Em relação ao método apresentado neste trabalho, ele tem óbvias vantagens na sua aplicação, mas também fica órfão de outros trabalhos e procedimentos que deverão ser estabelecidos para a sua melhor e mais fácil implementação. As análises ABC relativamente à percentagem de avarias do equipamento crítico, no sentido de perceber quais os subequipamentos com maior percentagem de ocorrências, foram feitas num processo demorado de análise de textos descritivos das ordens de avaria, escritos pelos técnicos de manutenção no SAP. Isto pode ser resolvido com uma ação de sensibilização junto dos mesmos, para o preenchimento do campo de “Conjunto” existente na plataforma SAP que facilitaria o processo de análise posterior. A acrescentar a esse facto é de notar também que nem todos os conjuntos e materiais estão codificados em SAP, obrigando também a um acréscimo de trabalho devido a isso.

No que diz respeito ao modelo de criticidade, verifica-se que existe uma clara vantagem em que os outros departamentos da empresa sejam também responsáveis pelo desenvolvimento do mesmo, já que é garantido um maior compromisso e alinhamento entre as várias áreas.

Referências

- [1]“1766 MINISTÉRIO DAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS.” 2005, 1766–73.
- [2]“ASAE - HACCP.” n.d.
<http://www.asae.pt/pagina.aspx?back=1&codigono=54105579AAAAAAAAAAAAAAAAAA>
AA.
- [3]Assembleia da República. 2013. *Diário Da República, 1ª Série*. Portugal.
- [4]Faria, Nuno, Cunha Correia. Costa, Eduardo Gil. 2013. “Elaboração E Implementação de Um Plano Geral de Manutenção Preditiva , Preventiva E Curativa Na Lipor – Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos Do Grande Porto.”
- [5]Macedo, Marco Antonio. 2011. “Contribuição Metodológica Para a Determinação Da Criticidade de Equipamentos Na Gestão Da Manutenção.”
<http://www.pg.utfpr.edu.br/dirppg/ppgep/dissertacoes/arquivos/163/Dissertacao.pdf>.
- [6]Nakajima, Seiichi. 1990. “Total Productive Maintenance ou ‘ZERO Avarias.’” In . Lisboa.
- [7]Vasconcelos, Calafate. 1986. “Gestão de Empresas - Equipamentos.” GEIN - gabinete de gestão engenharia industrial.

ANEXO A: Matrizes do modelo de criticidade

Tabela 1 – Matriz de criticidade de segurança

EQUIPAMENTO	Índice de risco de Segurança (IRS)
Máquina A	8
Máquina B	31
Máquina C	9
Máquina D	14
Máquina E	15
Máquina F	12
Máquina G	0
Máquina H	0
Máquina I	7
Máquina J	3
Máquina K	3
Máquina L	0
Máquina M	4
Máquina N	9
Máquina O	0
Máquina P	0
Máquina Q	4
Máquina R	0
Máquina S	0
Máquina T	0
Máquina U	0
Máquina V	9

Tabela 2 – Ranking de criticidade de equipamentos

Equipamento	Segurança	Ambiente	Qualidade	Eficiência	Custos	Classificação Total
Máquina A	3	4	5	5	5	22
Máquina B	2	3	2	5	4	16
Máquina C	2	3	1	5	4	15
Máquina D	2	2	3	4	4	15
Máquina E	1	2	2	4	4	13
Máquina F	2	4	3	3	1	13
Máquina G	2	2	1	4	3	12
Máquina H	2	2	5	2	1	12
Máquina I	2	3	1	3	3	12
Máquina J	2	1	5	1	1	10
Máquina K	2	2	2	2	2	10
Máquina L	1	2	1	3	3	10
Máquina M	1	1	5	1	1	9
Máquina N	2	2	1	2	1	8
Máquina O	1	2	1	2	1	7
Máquina P	2	1	1	1	1	6
Máquina Q	1	1	1	1	1	5
Máquina R	1	1	1	1	1	5
Máquina S	1	1	1	1	1	5
Máquina T	1	1	1	1	1	5
Máquina U	1	1	1	1	1	5
Máquina V	1	1	1	1	1	5

ANEXO B: Plano preventivo de manutenção

	Periodicidade											
Tarefa	1S	2S	3S	1M	2M	3M	4M	6M	1A	2A	3A	4A
Substituição das Juntas das Tulipas									X			
Substituição das Tulipas										X		
Revisão Geral Pistões de Elevação										X		
Substituição de luvas+êmbolo												X
Revisão da Coluna de Distribuição Cerveja										X		
Revisão Geral das Válvulas de Enchimento										X		
Substituição Diafragma (válvulas)								X				
Substituição Êmbolo Duplo (válvulas)									X			
Revisão do Accionamento Principal									X			
Revisão Acionamento Sem-fim By-pass									X			
Substituição Camisas do Punção Coroa											X	
Revisão dos Pistões Capsulagem Coroa										X		
Inspeção à altura do capsulador						X						
Avaliação do desgaste das anilhas do punção interno					X							
Revisão Sistema Alimentação Cápsulas Coroa									X			
Revisão Coluna de Distribuição de Ar									X			
Revisão à conduta de cerveja											X	
Substituição diafragma V59 (escape CO2)									X			
Elec. - Revisão PLC									X			
Inspeção Segurança (Circuitos e Portas)					X							

Legenda:

- 1S – Semanal
- 2S – Quinzenal
- 3S – 3 em 3 semanas
- 1M – Mensal
- 2M – Bimestral
- 3M – Trimestral
- 4M – Quadrimestral
- 6M – Semestral
- 1A – Anual
- 2A – Bianual
- 3A – Trianual
- 4A - Quadrienal